

сплошных волноводов. Технические характеристики (диапазон частот, мощность) позволяют использовать его для исследований.

В качестве устройства создания давления используется готовая система баллонного катетера для ангиопластики.

Для измерения деформации фантома сосуда используются покупные индикаторы часового типа, закрепляемые в стойке, в том числе с выходом на компьютер.

Датчик для измерения давления в диапазоне 0...30 атм с преобразованием в электрический сигнал выполнен на основе малогабаритного дифференциального индуктивного преобразователя.

Конструкция датчика показана на рис. 2.

Основным узлом датчика является упругий элемент 2, выполненный в виде штуцера с пустотелой спиральной трубкой, которая раскручивается при подаче в нее воздуха под давлением. На конце трубки закреплен якорь в виде пластины из низкоуглеродистой стали, который расположен между полюсами преобразователей 3, установленных на пластине 5. Для сохранения устойчивости спиральной трубки ее свободный конец поддерживается опорой в виде шарика 17, закрепленного с помощью планки 6. Положение шарика регулируется прокладками 7. Провода от датчиков выведены на электрический разъем 18.

Электронная часть аппаратно-программного комплекса состоит из двух узлов – операционной части и интерфейсной части.

Операционная часть представляет собой измерительный тракт для обработки сигнала

дифференциального бесконтактного измерительного преобразователя перемещения. Основные функции, выполняемые операционной частью, следующие: формирование исходного информационного сигнала; усиление исходного информационного сигнала; выделение из исходного сигнала информативной постоянной составляющей (детектирование); усиление и фильтрация выделенного сигнала; преобразование сигнала в цифровую форму.

Схема выполнена на основе специализированной микросхемы AD698 (AD598) фирмы Analog Devices. Для преобразования аналогового сигнала в цифровой использован АЦП, встроенный в микроконтроллер C8051F352 фирмы Silicon Labs. Для подключения к ПЭВМ используется интерфейс RS-232C с преобразователем уровня MAX232A.

Для отображения результатов измерения на экране ПЭВМ используется текстовый вариант, который удобен представлением результатов в виде таблицы чисел, с которыми удобно работать: экспортировать в табличный редактор, например, Microsoft Excel, выполнять с ними различные вычислительные операции, построение графиков и т. д.

Для реализации этого варианта используется программа HyperTerminal.

1. Клиническая ангиология / под ред. А.В. Покровского – М.: Медицина, 2004. – Т.1. – 808 с.

УДК 006.91(042.3)(476)

СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МЕТРОЛОГИИ

Гуревич В.Л.

Белорусский государственный институт метрологии
Минск, Республика Беларусь

Метрология как наука, которая занимается вопросами измерений и их применением, содействует внедрению современных технологических процессов, разработке новых видов продукции и повышению конкурентоспособности промышленности в целом.

Остановимся на отдельных аспектах метрологии, поскольку именно они непосредственно оказывают существенное влияние на развитие науки, промышленности, и, в частности, на приборостроение и машиностроение.

Если говорить об основных изменениях в метрологии, то в ближайший год нас ожидает следующее. В первую очередь, это пересмотр Международной системы единиц (SI), который потребует нового подхода к пониманию этих величин, их передаче, обеспечению потребностей промышленности.

Второй аспект – это совершенствование информационных технологий, которые определенным образом сказываются на промышленных технологиях, развитие современных сенсорных технологий, т. е. новых датчиков, которые будут использоваться в рамках концепции Индустрия 4.0, переход к которой видоизменяет сферу оказания метрологических услуг.

Теоретическая метрология

В ближайшие годы предстоит создание эталонов единиц, которые будут опираться на фундаментальные физические константы. Мы должны будем постепенно, но достаточно быстро, отойти от артефактов, которые используем (килограмм), и перейти к созданию эталонов, связанных исключительно с фундаментальными физическими эффектами. Далее это развитие уже фундаментальной метрологии на уровне одиночных фотонов, одиночных атомов и одиночных молекул, поскольку этого

требуют новые существующие технологии. Определенные работы в этом направлении уже ведутся, например, в области расходомерии, с целью создания расходомеров, позволяющих очень точно определять расход жидкостей и газов на основании одиночных молекул. То есть фактически происходит снижение уровня неопределенности и повышение более точных результатов измерений, которые не меняются.

Если говорить о переопределении единиц системы SI, то первоначально к этому процессу подтолкнуло наблюдение за артефактом – платино-иридиевым килограммом, поскольку обнаружили, что за последние 150 лет его масса изменилась примерно на 50 мкг. Этот артефакт находится в Севре близ Парижа в Международном бюро мер и весов. Может быть с точки зрения промышленной метрологии вчерашнего дня это не выглядит существенным, но сегодня мы имеем дело с нанометрологией, с наноизмерениями и в этом аспекте – это чувствительное влияние на результаты измерений. Мы должны перейти к более точному установлению единиц величин, которые будут воспроизводиться независимо в различных лабораториях.

В данной ситуации новыми ключевыми позициями в этой системе является то, что фиксируются фундаментальные физические константы. Будут уточнены определения килограмма, ампера, кельвина и моля, потому что ампер, кельвин и моль взаимосвязаны с новым определением килограмма.

Очень важен аспект прослеживаемости. У нас существует классический механизм прослеживаемости от Международного бюро мер и весов через национальные метрологические институты до промышленных лабораторий. В будущем можно создавать средства измерений очень высокого уровня точности, которые могут массово применяться в промышленности и самокалиброваться. Это позволит существенно повысить точность измерений, приблизить их к национальным метрологическим институтам и в некоторой степени исключить промежуточные звенья в процессе передачи единиц величин от Международного бюро мер и весов к потребителю.

Если говорить о новом взгляде на систему SI, то она будет опираться на постоянную Планка, Больцмана, Авогадро, на частоту перехода, которая связана со сверхтонким расщеплением основного атома цезия-133 на элементарный заряд электрона и спектральную силу светового потока. Из этого следует, что теперь уже килограмм не будет тем килограммом, к которому мы с вами привыкли. Он будет опираться на значение постоянной Планка, которое сейчас должны будут зафиксировать. Ампер будет определяться на основании численного значения элементарного заряда, потому что традиционное определение ампера, к которому привыкли, в принципе, технически не реализуемо. Кельвин, оставаясь единицей температуры, будет опираться исключительно на постоянную Больцмана. Сегодня есть несколько инновационных

вариантов термометров, один из них – «шумовой термометр». Моль будет определяться фиксированным значением числа Авогадро.

В новой системе единиц величин SI семь базовых величин: ампер, кельвин, секунда, метр, килограмм, кандела и моль. Они уже непосредственно взаимосвязаны с фундаментальными физическими константами и практически неопределенность этих фундаментальных констант является той технической возможностью, которая может быть достигнута при формировании единиц величин.

Проведение реформы Международной системы единиц SI планируется завершить в 2018 году. Таким образом будет дан старт развитию новой метрической системы единиц. Это грандиозный этап в развитии метрологии и этого события с нетерпением ждёт все метрологическое сообщество.

Столь высокий уровень точности позволит решать многие проблемные задачи в области метрологии, которые сегодня находятся в стадии решения. Это связано с развитием наноэлектроники, наноразмерных величин, спектронки и наноматериалов, терагерцовой метрологии и трехмерной нанометрологии.

Промышленная метрология

Теперь несколько слов о промышленной метрологии. Сегодня мы находимся в состоянии применения киберфизических систем, четвертой технической революции, которая называется Индустрия 4.0. Индустрия 4.0 – это концепция, которая поддерживается в первую очередь правительством Германии. Но, в принципе, подобные вещи сегодня работают и в США, и в Китае. Пришло понимание, что мы должны изменить модель производства, отказаться от жестких, конкретных схем решений, перейти к настраиваемым гиперпроизводствам, которые смогут работать точнее, быстрее, качественнее и с большим экономическим эффектом.

В этой ситуации перед метрологией стоит ряд задач, которые будут по оценкам экспертов определяться восьмью основными факторами. Доминирующую роль будет играть промышленный интернет, позволяющий функционировать всем звеньям в реальном масштабе времени. Для метрологии реализуется сложнейшая техническая задача проведения огромного количества измерений в реальном времени для принятия решений на основании этих измерений о состоянии процесса производства, об изменении и уточнении параметров с учетом всех воздействующих факторов, а также качества продукции. При этом потребуется синхронизация всех производственных звеньев, потому что речь будет идти не только о вертикальной, но и о горизонтальной интеграции, причем об интеграции автоматической – это тема управления и моделирования сложных производственных процессов.

У нас развитие получит дистанционная телеметрия, совместная обработка данных, новые сенсорные технологии, моделирование процессов,

использование численных алгоритмов, которые позволяют проводить измерения непосредственно в нужное время и в нужном месте. В этой ситуации мы должны понимать, каковы будут основные направления развития промышленной метрологии. С одной стороны – это точность, надежность, гибкость и комплексность. Но за этим стоит очень серьезная работа, связанная с цифровой интеграцией измерительных систем, где используются наноразмерные и сенсорные технологии.

Если говорить о каждом из этих аспектов коротко – это работа в режиме онлайн, получение очень большого количества результатов измерений, их оцифровка и принятие решений на основании этих результатов. И, естественно, мы должны говорить о понижении уровня неопределенности, повышении точности измерений и принятии решений о том, каков уровень неопределенности допустим при управлении теми или иными аспектами технологического процесса. Нужно принимать решения с учетом неопределенности измерений, причем допуски должны снижаться на уровне неопределенности измерений.

Если мы говорим о метрологии для Индустрии 4.0, то мы должны говорить об интеллектуальной метрологии, смарт-метрологии, которая должна оперировать большими базами данных и работать с алгоритмами нейронных сетей.

Законодательная метрология

Сегодня мы работаем в рамках Закона «Об обеспечении единства измерений», который находится в стадии пересмотра. В следующем году мы должны уже принять новую версию закона. Закон этот, с одной стороны, должен опираться на законодательство Евразийского союза, международных документов ИАС, МОЗМ и др., а с другой, позволить промышленности реализовывать проблемы Индустрии 4.0, он должен быть достаточно демо-

кратичен по отношению к промышленной метрологии. В закон будут включены новые новеллы. Одна из них – метрологическая прослеживаемость измерений, реализуемая как через национальные эталоны, так и стандартные образцы, референтные методики измерений, в отдельных случаях артефакты. Например, как один из артефактов – эталон концентрации озона. В этой сфере в любом случае придется пользоваться традиционными эталонами. Но их точность с учетом повышения точности всей базы измерений в любом случае будет повышена. Следующая новелла – вопрос проверки квалификации поверочных и калибровочных лабораторий. Поскольку только проверка квалификации как интегральный показатель качества может показать, насколько качественно работают лаборатории для оценки их результатов.

И еще один очень важный аспект – создание информационной системы.

Новые статьи, которые появятся в новом законе – это требования к измерениям, их результатам, стандартным образцам, референтным методикам выполнения измерений, государственному информационному фонду. Так, только через сличения мы сегодня можем доказывать сходимость и воспроизводимость наших национальных эталонов и те СМС-строки, которые получаем в международной базе данных KCDB BIPM. Но здесь нужно понимать, что как только мы перейдем к фундаментальным физическим эффектам, мы будем опираться только на фундаментальные физические эффекты в наших национальных эталонах.

Все обозначенные проблемы нашли отражение в разработанной и принятой Концепции развития государственной метрологической службы Республики Беларусь до 2020 года. В ней охвачены все аспекты развития метрологии – от законодательной части до прикладной технической.